

الذرة وميكانيك نيوتن

Atome et mecanique de Newton

خاص بالعلوم الرياضية والعلوم التجريبية مسلك العلوم الفيزيائية

I - حدود ميكانيك نيوتن

1 - قانون نيوتن وقانون كولم

أ - قانون نيوتن : التأثير البيئي التجاذبي

جسمان نقطيان A كتلته  $m_A$  و B كتلته  $m_B$  يطبق الواحد منهما على الآخر قوة تجاذب كوني اتجاهها هو المستقيم المار من A و B ،

$$F_{A/B} = F_{B/A} = G \frac{m_A \cdot m_B}{(AB)^2} \text{ : وشدتها تساوي :}$$

بحيث  $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N.m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$  . هي ثابتة التجاذب الكوني .

$$\vec{F}_{A/B} = -G \frac{m_A \cdot m_B}{(AB)^2} \vec{u}_{AB}$$

ب - قانون كولم

جسمان نقطيان A شحنته  $q_A$  و B شحنته  $q_B$  يطبق كلاهما على الآخر قوة تجاذب أو تنافر اتجاهها هو المستقيم المار من A و B ، ومنحاهما يتعلق بإشارتي  $q_A$  و  $q_B$  ، وشدتها

$$F_{A/B} = F_{B/A} = k \frac{q_A \cdot q_B}{(AB)^2} \text{ : تساوي :}$$

بحيث أن  $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$  حيث  $\epsilon_0 = 9 \cdot 10^9 \text{ N.m}^2 \cdot \text{C}^{-2}$  هي ثابتة العزل في الفراغ

$$\vec{F}_{A/B} = k \frac{q_A \cdot q_B}{(AB)^2} \vec{u}_{AB}$$

**ملحوظة :** التأثير البيئي التجاذبي في الذرة مهمل أمام التأثير البيئي الكهرساكن .

مثلا في حالة ذرة الهيدروجين لدينا :

$$\frac{F_g}{F_e} = \frac{G m_e \cdot m_p}{k \cdot e^2} \approx 4,4 \cdot 10^{-40}$$

2 - النموذج الكوكبي للذرة

باستعمال المماثلة بين قوى التأثير البيئي التجاذبي الكوني ، وقوى البيئي الكهرساكن ، اقترح العالم رودفورد في مطلع القرن العشرين " نموذج كوكبي " للذرة حيث نمذج النواة بكوكب ما ونمذج الإلكترونات بأقمار هذا لكوكب ز ومثلما تتحكم قوى التأثير البيئي التجاذبي في حركة الأقمار حول الكوكب ، تتحكم قوى التأثير البيئي الكهرساكن في حركة الإلكترونات حول النواة .

3 - حدود ميكانيك نيوتن

بالنسبة لمجموعة كوكبية ( أرض - قمر اصطناعي ) مثلا ، تسمح ميكانيك نيوتن بالتنبؤ بإمكانية وضع القمر الاصطناعي في مدار حول الأرض ، حيث يتعلق ارتفاعه عنها بالشروط البدئية لإطلاقه . وبما أنه يمكن تغيير تلك الشروط البدئية ، فإن شعاع مدار القمر الاصطناعي ( باعتباره دائريا ) يمكنه أن يأخذ جميع القيم الممكنة .

باعتبار ذرة الهيدروجين وتخيلنا أن إلكترون الذرة في حركة دائرية منتظمة حول النواة ، فإنه حسب ميكانيك نيوتن يمكن لشعاع مدار الإلكترون أن يأخذ جميع القيم الممكنة ، وبالتالي فإن ذرتي هيدروجين سيكون لهما حمان مختلفان حسب شعاع المدار وهذا غير صحيح لأن ذرتي هيدروجين لهما نفس الحجم وبصفة عامة جميع ذرات الهيدروجين لها نفس المميزات . وهذا ما يجعل ميكانيك نيوتن تعجز عن تفسيره .

لا يمكن لميكانيك نيوتن أن تفسر الظواهر الفيزيائية التي تحدث على مستوى الذرات أو الجزيئات . من بين هذه الظواهر الفيزيائية ، التبادلات الطاقية بين المادة وإشعاع ضوئي والتي تبرزها أطيف الذرات

II - كمية التبادلات الطاقية

يحدث تبادل الطاقة

- عند اصطدام ذرة بدقيقة مادية

- عندما يحدث تأثير بيني بين الذرة وإشعاع ضوئي .

سنة 1900م وضع الفيزيائي الألماني ماكس بلانك فرضية : المادة والضوء لا يمكنهما أن يتبادلا الطاقة إلا بكميات منفصلة

تسمى **كمات الطاقة** .

## الذرة وميكانيك نيوتن

الطاقة المتبادلة  $E_{ech}$  بين المادة وإشعاع ضوئي لا يمكنها أن تأخذ إلا قيما محددة ومنفصلة ، نقول أن هذه الطاقة المتبادلة مكماة .

وحسب مبدأ انحفاظ الطاقة ، فإن الطاقة المتبادلة من طرف ذرة تساوي تغير طاقتها بين قيمتين  $E_1$  و  $E_2$  أي أن  $\Delta E = E_2 - E_1$

### 1 - نموذج الفوتون

طور إنشتاين فرضية ماكس بلانك والتي تقول أن الضوء هو عبارة عن موجات كهرومغناطيسية يحمل طاقة على شكل كمات الطاقة ، وذلك بإثبات أن كمات الطاقة هاته تحملها دقائق تسمى **بالفوتونات** .  
ما هو الفوتون ؟

الفوتون دقيقة ليست لها كتلة ، وغير مشحونة ، تنتقل في الفراغ بسرعة الضوء :  $c = 3,00.10^8 \text{ m/s}$  .  
تتكون موجة كهرومغناطيسية ترددها  $\nu$  ، وطول موجتها في الفراغ  $\lambda$  من فوتونات .

طاقة كل فوتون :  $E = h.\nu = h \frac{c}{\lambda}$  .

$\nu$  تردد الموجة ب Hz و  $\lambda$  طول الموجة ب المتر m و  $h$  ثابتة بلانك (J.s) و  $E$  طاقة الفوتون ب J .

للتعبير عن طاقة الفوتون نستعمل غالبا الإلكترون \_ فولت :  $1 \text{ eV} = 1,60.10^{-19} \text{ J}$

### تمرين تطبيقي :

أحسب بالجول ، ثم بالإلكترون فولت ، طاقة فوتون مقرون بالإشعاع الأحمر لطيف الهيدروجين طول موجته يساوي 657nm .

عطي : سرعة الضوء في الفراغ :  $c = 3,00.10^8 \text{ m/s}$  و ثابتة بلانك  $h = 6,626.10^{-34} \text{ J.s}$

الجواب : طاقة الفوتون هي :  $E = h.\nu = \frac{h.c}{\lambda}$

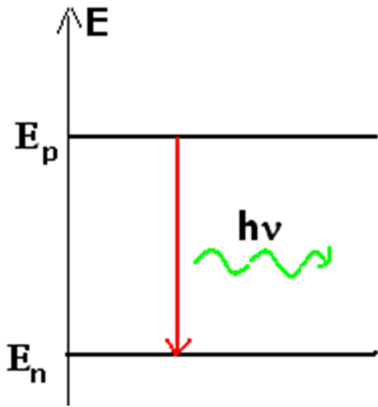
حساب طاقة الفوتون بالجول :  $E = \frac{6,626.10^{-34} \times 3.10^8}{656.10^{-9}} = 3,03.10^{-19} \text{ J}$

حساب طاقة الفوتون ب eV :  $E = 1,89 \text{ eV}$

### 2 - موضوعات بوهر

تبين الدراسة التجريبية لطيف الانبعاث لذرة الهيدروجين في المجال المرئي أنه يتكون من عدة حزمات ملونة توافق كل منها إشعاعا معينا أحادي اللون ، وهو يتكون من أربع حزمات طول موجاتها هو كالتالي :

$\lambda_1 = 411 \text{ nm}$  و  $\lambda_2 = 435 \text{ nm}$  و  $\lambda_3 = 487 \text{ nm}$  و  $\lambda_4 = 657 \text{ nm}$  .



لتفسير هذه الظاهرة وضع العالم الفيزيائي الدنماركي نيلس بوهر موضوعات تحمل اسمه :

\* تغيرات الطاقة لذرة تغيرات مكماة .

\* لا يمكن أن توجد الذرة إلا في حالات طاقة معينة ، وتتميز كل حالة طاقة بمستوى طاقي .

\* يتم انبعاث فوتون تردده  $\nu$  عندما تنتقل الذرة من مستوى طاقي  $E_p$  إلى مستوى

طاقي  $E_n$  أقل بحيث :  $E_p - E_n = h\nu$

### III - تكمية مستويات الطاقة .

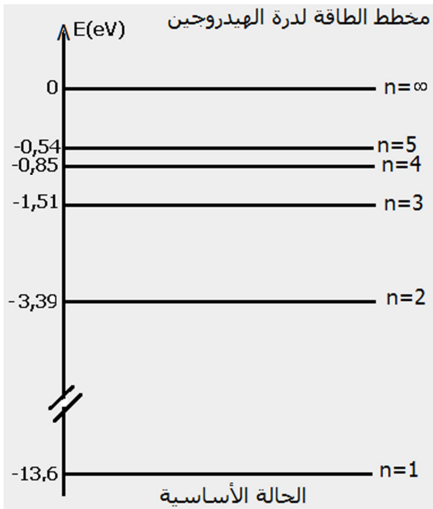
#### 1 - تكمية مستويات الطاقة في الذرات

النموذج الذي وضعه بوهر يتناسب والأفكار الجديدة للتكمية ، يتمثل هذا النموذج في كون طاقة الذرة مكماة أي لا تأخذ سوى بعض القيم المنفصلة والمحددة تسمى

**مستويات الطاقة** . أي أن كل مستوى طاقي له طاقة معينة ونميزها بعدد  $n$

يسمى **بالعدد الكمي** ، والذي يأخذ الأعداد 1 و 2 و 3 .....

\_ مستوى الطاقة بالنسبة للعدد الكمي  $n = 1$  يسمى المستوى الأساسي وهو يوافق المستوى ذا الطاقة الأصغر ( الحالة المستقرة للذرة )



– مستويات الطاقة ذات العدد الكمي  $n > 1$  توافق المستويات المثارة .  
– المستوى الطاقوي ذو العدد الكمي  $n = \infty$  يوافق الطاقة  $E_{\infty} = 0$  حيث الإلكترون غير مرتبط بالنواة . إن هذا الاصطلاح يستوجب أن تكون لكل المستويات الطاقوية أخرى طاقة سالبة .

### مخطط مستويات الطاقة لذرة الهيدروجين .

في غياب أي اضطراب خارجي ، إذا كانت الحالة الأساسية لذرة هي حالتها البدئية ، فإن الذرة تبقى في هذه الحالة .

عندما تكتسب ذرة طاقة خارجية ، فإنها تنتقل من حالتها الأساسية إلى إحدى الحالات المثارة والتي تكون في الغالب غير مستقرة ، لكن سرعان ما تعود إلى إحدى حالاتها ذات مستوى طاقي أقل ، وذلك بفقدان طاقة تكون مكماة .

### الانتقال هو المرور من حالة إلى أخرى ذات مستوى طاقي أكبر ( إثارة ) أو ذات مستوى طاقي أقل ( فقدان الاثارة )

#### تمرين تطبيقي :

باستعمال مخطط مستويات الطاقة لذرة الهيدروجين :

- 1 – احسب الطاقة المفقودة خلال انتقال ذرة الهيدروجين من الحالة المثارة الرابعة إلى حالتها الأساسية .
- 2 – ما هي أكبر قيمة ممكنة لطاقة الانتقال بين حالتين متتاليتين ؟

الجواب :

- 1 – الطاقة المفقودة خلال انتقال الذرة من الحالة المثارة الرابعة إلى الحالة الأساسية :  
 $E_4 - E_1 = -0,85 - (-13,6) = 12,75\text{eV}$

- 2 – الحالتان المتتاليتان اللتان تبعدان أكثر عن بعضهما البعض هما الحالة الأساسية والحالة المثارة الأولى :  
 $E_2 - E_1 = 10,2\text{eV}$

### 2 – كمية مستويات الطاقة في الجزيئات

تتكون الجزيئات من ذرات في تأثير بيني ، مما يكثر من عدد مستويات الطاقة ويوسعها . فطاقة الجزيئة مكماة أيضا ، وهي تتعلق بالإلكترونات ، وباهتزازات الجزيئة حول مركز الكتلة ، وبدورانها .

### 3 – كمية مستويات الطاقة في النوى .

إن طاقة النواة مكماة كذلك ، بحيث أن النواة يمكنها أن تنتقل من مستوى طاقي إلى آخر ، مثل الذرة ، وذلك بفقدان طاقة أو باكتسابها . كما يمكن للنواة أن تثار بفعل اصطدامها مع دقيقة مادية عالية الطاقة تتوفر الذرات والجزيئات والنوى على مستويات الطاقة مكماة .

عندما تتبادل هذه المجموعات طاقة مع الوسط الخارجي ، فإنها تنتقل من مستوى طاقي  $E_p$  إلى مستوى طاقي  $E_n$  أو العكس .

هذه الطاقة المتبادلة تحكمها علاقة بوهر :  $\Delta E = E_p - E_n$  بحيث أن  $E_p > E_n$

### VI – تطبيقات على الأطياف .

#### تعريف بطيف ضوء

نسمي طيف ضوء مجموع الإشعاعات التي يتكون منها هذا الضوء ، ويتميز كل إشعاع منها بطول الموجة في الفراغ .

#### 1 – أطياف الذرات

<http://www.unice.fr/lasi/pagesperso/golebiowski/cours.htm>

تمثل الوثيقة أعلاه طيف حزمات الامتصاص وطيف حزمات الانبعاث لذرة الصوديوم ويلاحظ أن الحزمات المظلمة تحتل نفس مواضع حزمات الانبعاث عندما تنتقل ذرة من مستوى طاقي  $E_p$  إلى آخر ذي طاقة  $E_n$  أقل فإنها تفقد طاقة تبعثها على شكل إشعاع تردده  $\nu$  ، بحيث أن

$$\Delta E = E_p - E_n = h\nu$$

\* كلما كان الفرق  $\Delta E$  كبيرا كلما كان التردد  $\nu$  مهما .

\* ترددات الإشعاعات المنبعثة تحددها مستويات الطاقة ؛ ففي طيف الانبعاث الذري ، كل حزمة أحادية اللون ( أحادية طول الموجة ) توافق انتقالا بين مستويين للطاقة .

\* لا تتعلق مستويات الطاقة لذرة إلا بطبيعة الذرة . هذه الأخيرة تبعث إشعاعات تميزها والتي تكون قادرة على امتصاصها أيضا ؛ إن طيف الانبعاث لذرة يميز الذرة شأنه في ذلك شأن مستويات الطاقة .

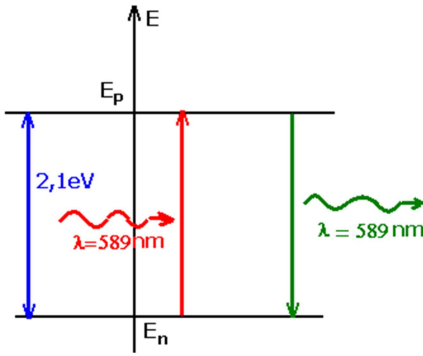
وعند إضاءة ذرات بواسطة ضوء أحادي طول الموجة في الفراغ تردده  $\nu$  ، تنتقل الذرة من مستوى طاقي  $E_n$  إلى مستوى طاقي

$$E_p \quad (n < p) \text{ مع امتصاص الإشعاع إذا كانت } h\nu = E_p - E_n$$

## الذرة وميكانيك نيوتن

إذا كانت  $h\nu$  أصغر من أي فرق ممكن بين مستويات الطاقة ، فإن الإشعاع يعبر المادة دون إحداث أي اضطراب .

عندما تنتقل ذرة من مستوى طاقي  $E_n$  إلى مستوى طاقي  $E_p$  أكبر فإنها تمتص إشعاعاً تردده  $\nu$  بحيث أن  $\Delta E = E_p - E_n = h\nu$  .

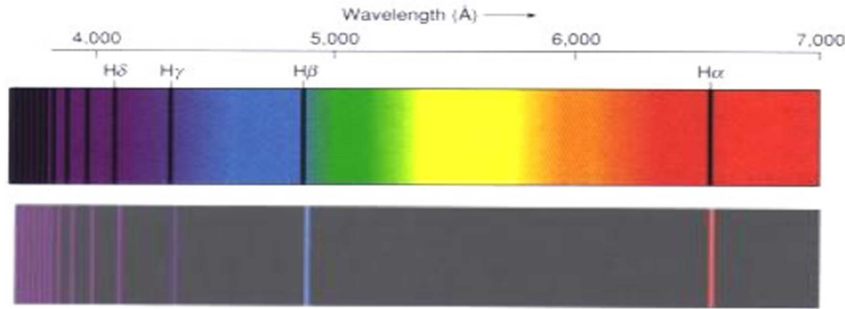


### مثال نشاط تجريبي : دراسة طيف حزمات الهيدروجين

تجربة : نستعمل حيازة تحتوي على غاز الهيدروجين تحت ضغط ضعيف تتم إثارته بالتفريغ الكهربائي . فينبعث منه ضوء الذي يكون طيف الانبعاث لذرة الهيدروجين . والذي يمكن معاينته بواسطة مطياف . نلاحظ :  
- طيف متقطع .

- يحتوي على حزمات طيفية أهمها الأربع التالية :

657nm أحمر 487nm أزرق 435nm نيلي 41nm بنفسجي



Comparaison des spectres d'émission et d'absorption de l'hydrogène

[www2.ac-lyon.fr/lyc69/herriot/SPC/2nde/cours/PHYSIQUE/chapP4.pdf](http://www2.ac-lyon.fr/lyc69/herriot/SPC/2nde/cours/PHYSIQUE/chapP4.pdf)

في سنة 1908 م اقترح ريتز علاقة رياضية تمكن من حساب أطوال الموجة لطيف الانبعاث لذرة الهيدروجين في المجالات المرئية ، وفوق البنفسجي ، وتحت الأحمر ، وتربط هذه العلاقة أطوال الموجة  $\lambda_{np}$  بعددين طبيعيين  $n$  و  $p$  حيث  $n=1$  أو  $n=2$  أو

$$R_H = 1,09737320 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1} : \text{Rhydberg} \quad \text{بحيث أن } \frac{1}{\lambda_{np}} = R_H \left( \frac{1}{n^2} - \frac{1}{p^2} \right) \quad (1) \quad \text{وهي } p > n \text{ و } \dots n=3$$

انطلاقاً من قيمة معينة لعدد  $n$  يمكن حساب متسلسلة من الحزمات وذلك بتغيير العدد  $p$  .

- متسلسلة بالمير توافق  $n=2$  وتعطي اطوال الموجة لأربع حزمات مرئية توافق كل حزمة قيمة معينة لعدد  $p$  .

- متسلسلة باشين نحصل عليها بالنسبة للعدد  $n=3$  و  $p > 3$

متسلسلة ليمان نحصل عليه بالنسبة للعدد  $n=1$  و  $p > 1$

- متسلسلة براكيت نحصل عليها بالنسبة للعدد  $n=4$  و  $p > 4$

في سنة 1913 م اقترح الفيزيائي بوهر نظرية تمكن من تفسير طيف حزمات ذرة الهيدروجين ، حيث توصل إلى كون طاقة ذرة

هيدروجين معزولة هي :  $E_n = -\frac{13,6}{n^2}$  (eV) ؛ حيث  $n$  عدد صحيح موجب يسمى العدد الكمي الرئيسي . يستخلص من هذا

أن طاقة ذرة الهيدروجين مكماة بحيث لا تأخذ إلا قيما محددة ، يميزها العدد  $n$  .  
استثمار :

1 - تحقق من صحة العلاقة (1) بحساب أطوال الموجة للحزمات المرئية لمتسلسلة بالمير ، ثم قارن القيم المحصلة مع معطيات الوثيقة .

$$\text{نستعمل العلاقة : } \frac{1}{\lambda_{np}} = R_H \left( \frac{1}{n^2} - \frac{1}{p^2} \right) \Rightarrow \lambda_{np} = \frac{1}{R_H} \left( \frac{(np)^2}{p^2 - n^2} \right) \quad \text{ونأخذ } n=2 \text{ و } p > 2$$

$$\text{نأخذ } p=3 \text{ لدينا } \lambda_{np} = \frac{1}{R_H} \left( \frac{(np)^2}{p^2 - n^2} \right) = \frac{1}{1,09737320 \cdot 10^7} \times \left( \frac{36}{9-4} \right) = 656,1 \text{ nm}$$

$$\text{نأخذ } p=4 \text{ } \lambda_{26} = 410 \text{ nm و } \lambda_{25} = 434 \text{ nm و } \lambda_{24} = 486 \text{ nm}$$

2 - أ - أحسب الترددات  $\nu_{np}$  للحزات الأربع الأولى لمتسلسلات السالفة الذكر .

حساب الترددات  $\nu_{np}$

$$\nu_{23} = \frac{c}{\lambda_{23}} = 4,57 \times 10^{14} \text{ Hz} \quad \text{إلخ} \dots\dots$$

ب - أنقل قيم الترددات  $\nu_{np}$  على محور رأسي للترددات ، ممثلا كل حزة بخط أفقي ، ومقرنا بكل حزة العددين n و p الموافقين

يستعمل السلم  $1\text{cm} \leftrightarrow 2.10^{14} \text{ Hz}$

3 - أ - بين أنه إذا كانت طاقة الذرة مكماة ، فإن تغيرات الطاقة  $(E_p - E_n)$  التي توافق التبادلات الطاقية مع الوسط الخارجي هي تغيرات مكماة أيضا .

ب - أثبت العلاقة التي تمكن من حساب الفرق  $(E_p - E_n)$  .

### 2 - أطياف الجزئيات :

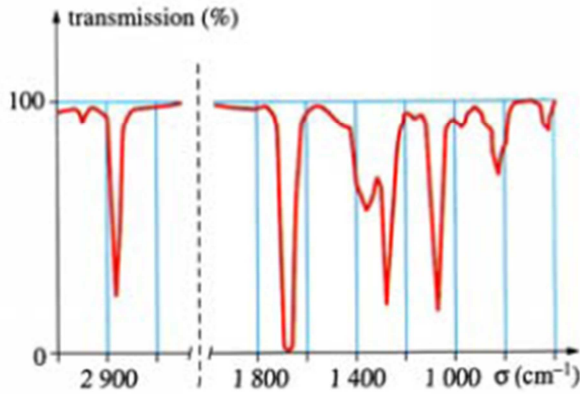
يتكون طيف الامتصاص لجزئية من حزات ومن مجالات الامتصاص ، حيث تنخفض الشدة الضوئية لإشعاع ممتص فجأة ، حيث يوافق كل قمة مقلوبة تردد الإشعاع الممتص .

رتبة قدر إشعاع ممتص هي  $10^{11} \text{ Hz}$  بالنسبة لجزئية ، مما يدل على أن مجالات الامتصاص توجد غالبا في المجال تحت الأحمر ، وبالتالي فهي غير مرئية ، ومن تم ينبغي تسجيلها باستعمال مكثفات ذات حساسية لهذه الإشعاعات .

إن تحليل طيف الامتصاص لجزئية يمكن من التعرف على هذه الجزئية ، كونه يقدم معلومات عن المجموعة الوظيفية وعن الروابط التي تحتوي عليها الجزئية .

### تمرين تطبيقي :

يمثل المبيان جانبه طيف إمتصاص للبيوتانون . يتميز هذا الامتصاص بعدد الموجة  $\sigma = 1/\lambda (\text{cm}^{-1})$  و معامل الانتقال نعبر عنه



بالنسبة المنوية للطاقة المنقولة من طرف البيوتانون

1 - أكتب الصيغة نصف المنشورة للبيوتانون

2 - لماذا يعتبر هذا الطيف ، طيف امتصاص ؟

3 - تتميز المجموعة C-H بوجود قمة الامتصاص الموافقة لعدد الموجة  $2900\text{cm}^{-1}$

3 - 1 أحسب طول الموجة ب nm الموافق لهذه المجموعة ، إلى

أي مجال ضوئي ينتمي هذا الإشعاع ؟

3 - 2 أحسب ب eV الطاقة الموافقة لهذا الإشعاع .

### 3 - أطياف النوى

طاقة النواة هي أيضا مكماة ، ففي النشاط الإشعاعي ، تكون النوى

الناجة عن تفتت إشعاعي نوى مثارة . فقدان الإثارة لهذه النوى

يصاحبه انبعاث فوتونات ذات طاقة عالية ( إشعاعية النشاط  $\gamma$  )

تميز النوى الباعثة .

رتبة قدر تغيرات الطاقة في النواة تناهز الميغا إلكترون - فولط ( MeV ) .